



Рис. 6. Зависимость изменения эквивалентной индуктивности бесконтактного вихретокового датчика от величины изменения емкости линии передачи при частотном способе выделения полезной составляющей

## ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ СРЕДСТВ АВИАЦИОННОЙ НАВИГАЦИИ

Алейникова Т.Л., Молотов П.Е.

В настоящее время бурное развитие лазерных технологий стимулирует их проникновение во все сферы жизнедеятельности человека. Современные летательные аппараты авиационного и космического назначения оснащены сложными оптическими комплексами навигационного и исследовательского характера: лазерные дальномеры, прицелы, системы наведения, гироскопы и т.д. Лазерная техника начинает внедряться и в наземных службах, обеспечивающих безопасность и всепогодность полетов: от простейших лазерных маяков и датчиков прозрачности атмосферы до лидаров оперативной информации о состоянии облачного покрова за десятки километров от аэродрома [1]. Для авиации повышение регулярности и безопасности в работе сводится главным образом к решению проблемы обеспечения захода самолета на посадку и его посадки на взлетно-посадочную полосу (ВПП), особенно в условиях пониженной видимости.

Современные аэродромы оснащены большим количеством функционально обособленных различных систем, выполняющих на отдельных этапах взлета и посадки различные функции. Основными из этих систем являются курсоглиссадные системы, указывающие самолету курс и глиссаду планирования на этапе посадки.

Используемые в настоящее время радиотехнические системы не позволяют перейти к более жестким посадочным минимумам из-за недостаточной точности задания ими курса и глиссады снижения. Световая навигация с использованием лазера обладает значительными преимуществами по сравнению с радиотехническими системами [2].

Работа посвящена созданию системы компактного преобразователя потока лазерного излучения сравнительно небольшой мощности.

Существующие курсоглиссадные системы при всех своих достоинствах относительно громоздки (в системе «Глиссада» в общей сложности используется 9 лазеров) и энергоемки. В предлагаемом преобразователе используется один лазер, что делает установку более компактной.

Рассчитана оптическая система, формирующая в пространстве световой поток прямоугольной формы путем развертки луча в заданной плоскости. Используется световой пучок гелий - неоновового лазера диаметром 5 мм. Он преобразуется в узкую полосу толщиной 15 мм и длиной 3 м на расстоянии 5 м от источника излучения. Полученная полоса имеет неодинаковую толщину: в центре она более широкая, а к концам сужается. Для получения полосы одинаковой толщины можно сужающиеся концы отсечь с помощью диафрагмы, но при этом значительная часть излучения теряется. Потери мощности излучения при диафрагмировании из условия, экранирования 15 % диаметра сечения исходного пучка составляют 36 %.

Для того чтобы избежать этих потерь излучения и использовать весь пучок, предлагается изображение формировать таким образом, чтобы узкие концы оказались переброшенными в центр. При этом световой пучок разбивается на две половины, каждая из которых переворачивается на 180 градусов. Для развертки луча рассмотрены два случая формирования в заданной плоскости полосы одинаковой толщины с помощью цилиндрических линз и зеркал.

Предлагаемая система линз состоит из двух пар цилиндрических линз. Первая пара линз позволяет разбить световой поток на две половины, а вторая пара линз разворачивает каждую половину и формирует изображение, преобразуя световой поток. Основной характеристикой оптической системы преобразователя пучка является угол его расходимости. Был произведен расчет угла расходимости лазерного пучка после прохождения второй пары линз в зависимости от расстояния между линзами. При этом подвижной является вторая пара линз при фиксированном положении первой.

При расчете использовалась формула тонкой линзы и соотношения геометрической оптики. Для угла расхождения получено выражение

$\varphi = 2a \arctg(a(d - f)/fd)$ , где  $a$  - радиус линзы,  $f$  - фокусное расстояние второй линзы,  $d$  - расстояние между парами линз. Для предлагаемой ус-

тановки  $a = 25$  мм,  $d = 55$  мм,  $f = 50$  мм. Тогда угол расхожимости  $\varphi$  равен 5,2 градуса.

При разработке конкретной лазерной системы можно задать угол расхождения и подобрать соответствующим образом линзы. Можно также использовать расчеты для решения обратной задачи: имея набор линз, расположить их определенным образом и оценить для этого случая угол расхожимости пучка.

Аналогичные расчеты проведены с цилиндрическими зеркалами. В этом случае параметрами оптической системы являются расстояние от точки пересечения лучей до второго зеркала и отношение фокусных расстояний зеркал.

Зависимость угла расхождения  $\varphi$  от расстояния является линейной. Задавая значение  $\varphi$  можно подобрать зеркала и определить место их расположения.

Представляет интерес оценка зависимости угла расхождения от коэффициента  $n$ , показывающего соотношение фокусных расстояний зеркал.

Проведенные расчеты показали, что поставленную задачу о формировании пучка для средств навигации можно решить и с помощью системы линз, и с помощью системы зеркал. Выбор одной из них зависит от возможностей и приоритетов разработчика конкретного устройства.

Представляется важным расчет потерь излучения при прохождении атмосферы. По условиям установка будет эксплуатироваться при наличии облаков тумана, т.е. рассеяние будет происходить на частицах, размер которых существенно больше длины волны. Следовательно, имеет место  $\mu$  и - рассеяние. Коэффициент  $\mu$  и - рассеяния можно оценить из эмпирического соотношения:

$$\gamma = \frac{3,91}{V} \left( \frac{\lambda}{0,55} \right)^{-0,585 \cdot V^{\frac{1}{3}}},$$

где  $V$  - метеорологическая дальность видимости, км;

$\lambda$  - длина волны, мкм [3]

Это соотношение было использовано для расчета энергетических потерь излучения при прохождении атмосферы. Для расчета метеорологическая дальность видимости  $V$  была принята 2 км,  $\lambda = 0,63$  мкм. Тогда коэффициент рассеяния  $\gamma = 1,77 \text{ км}^{-1}$ .

Мощность излучения может быть оценена по закону Бугера - Бера

$$I = I_0 \exp(-rL).$$



Для выходной мощности лазера  $P_{\text{вых}} = 43$  мВт на расстоянии  $L = 1$  км от него мощность излучения  $P$  равна

$$P = P_{\text{вых}} * \exp(-1,77 * 1) = 7,31 \text{ мВт.}$$

Потери мощности излучения лазера

$$\Delta P = P_{\text{вых}} - P = P_{\text{вых}} (1 - 0,17) = 0,83 P_{\text{вых}}.$$

Следовательно, потеря мощности излучения лазера при прохождении 1 км в тумане равна 83 %. Это допустимая величина мощности излучения для посадки.

В заключение отметим, что предлагаемая система компактного недорогого преобразователя лазерного излучения может быть использована для целей навигации не только в авиации, но и для водного, и железнодорожного транспорта.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев С. И., Гамалий Е. Г. Физика лазеров и их применения в авиации. МАИ, М., 1988.
2. Зуев В. Е., Фадеев В. Я. Лазерные навигационные устройства. М.: Радио и связь, 1987.
3. Мордасов В. И., Гришанов В. Н. Проектирование лазерных систем авиационного и космического назначения. СГАУ, Самара, 1996.

## ДЕФЛЕКТОР СЕКТОРНО-СТВОРНОГО ЛАЗЕРНОГО МАЯКА

Одинцов М.Н., Алейников Л.В.

Наиболее эффективным путем решения задачи повышения регулярности и безопасности работы авиации и флота является создание более точных систем ближнего ориентирования, обеспечивающих в то же время надежную визуальную информацию о пространственном положении движущегося объекта в различных метеорологических условиях, и прежде всего в условиях пониженной видимости.

Угловые размеры коридора ориентирования системы выбираются из условия обеспечения надежного ввода подвижного объекта в этот коридор радиотехническими средствами дальнего привода. Были определены следующие размеры: в горизонтальной плоскости —  $15^\circ$ , в вертикальной —  $4,5^\circ$ . Необходимая частота горизонтального сканирования определяется с учетом требуемой периодичности обновления информации обеспечения нужной точности задания курса и находится в пределах 0,7... 1 Гц. Частота вертикального сканирования  $f_{\text{ск.верт}}$  определяется условием полного заполнения коридора ориентирования и может рассчитываться по формуле